

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ДОСЛІДНИХ ВИДІВ РОСЛИН ЗА РІЗНИХ УМОВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Результати проведеного дослідження свідчать, що розміри, розміщення і кінетичні особливості кореневої системи — це фактори, які суттєво впливають на процес поглинання поживних сполук із ґрунту. За умов, коли хімічні сполуки з масовим потоком переміщуються нижче за рівень поглинання, відбувається порушення балансу мінеральних речовин і досягається градієнт концентрації. При цьому пришвидшується перехід поживних речовин з твердої фази у розчин, завдяки чому збільшується надходження елементів до кореневої системи. При тривалішому перебігу цього процесу в ризосфері створюється профіль концентрацій, який залежить від кінетики руху розчинів у субстраті, зокрема від механізмів дифузії і конвекції, а також від швидкості переміщення поживних речовин біля коренів.

Ключові слова: коренева система, органічна речовина, біогенні елементи, декоративні рослини, ґрунтові субстрати.

Теоретичний та практичний аналіз свідчить про те, що рівень дифузії мінеральних сполук крізь ґрунт до кореневої поверхні контролює лише адсорбцію біогенних елементів (за винятком кальцію). Кінетика кореневого поглинання найменшою мірою впливає на цей процес [1]. У рослин є дуже чутливий механізм регуляторної кінетики поглинання для підтримання мінерального статусу [2–3]. Результати дослідження поглинання елементів мінерального живлення свідчать, що цей показник може бути використаний при вивченні адаптації рослин до різних ґрунтових субстратів та умов мікроклімату. Встановлено, що коренева кінетика впливає переважно на мобільні іони (нітрат і калій) та на іммобільні іони у ґрунтах з високим вмістом органічної речовини [4]. У зв'язку з цим ми провели серію експериментів з вивчення впливу біогенних елементів на співвідношення біомаси коренів до біомаси надземної частини рослин в умовах службового і промислового інтер'єрів.

Мета досліджень — з'ясувати біологічні особливості тропічних та субтропічних рослин різного екотипу в умовах інтер'єрів і поріг їх чутливості до впливу факторів зовнішнього середовища.

Об'єкти та методи

Об'єктами були тропічні та субтропічні рослини з родин: *Araceae* Juss. (*Aglaonema modestum* Schott, *Dieffenbachia maculata* G. Don., *Philodendron brasiliensis* A. Koch, *Syngonium podophyllum* Schott), *Amaryllidaceae* Jume St. Hil. (*Hymenocallis littoralis* Salisb.), *Euphorbiaceae* St.-Hell. (*Codiaeum variegatum* L. Blume), *Malvaceae* Juss. (*Hibiscus rosa-sinensis* L.), *Asparagaceae* Giuss. (*Sansevieria trifasciata* Hook.).

Вміст біогенних елементів у субстратах аналізували колориметричним методом за методикою Г.Я. Рінькіса [11]. Для екстракції макро- і мікроелементів використовували 1 н HCl. Вміст та склад амінокислот визначали за допомогою амінокислотного аналізатора фірми Hitachi [10]. Отримані результати обробляли статистичними методами.

Результати та обговорення

Установлено, що величина співвідношення маси коріння/пагін значно вище у разі нестачі азоту (100–120 мг/л субстрату). За цих умов збільшується довжина коренів, але їх об'єм залишається без змін, а абсорбційна поверхня зменшується (табл. 1). При більшому дефіциті азоту (30–50 мг/л субстрату) спочатку змен-

Таблиця 1. Розвиток кореневої системи декоративних рослин при різних дозах азоту *

Вид, умови вирощування	Доза азоту, мг/л субстрату	Маса, г		Об'єм коренів, см ³	Адсорбційна поверхня, дм ²
		надземної частини	коренів		
<i>Aglaonema modestum</i>					
Теплиця	150—180	789,5	412,4	673,8	13,9
Службовий інтер'єр	150—180	709,3	371,5	521,9	12,7
Промисловий інтер'єр	150—180	667,8	305,9	489,3	12,1
Теплиця	100—120	696,2	489,7	664,7	13,0
Службовий інтер'єр	100—120	615,4	427,2	518,4	12,1
Промисловий інтер'єр	100—120	603,7	356,1	490,9	11,6
Теплиця	30—50	611,9	352,3	619,2	12,5
Службовий інтер'єр	30—50	563,6	309,4	477,5	11,7
Промисловий інтер'єр	30—50	527,8	287,5	424,6	11,2
<i>Dieffenbachia maculate</i>					
Теплиця	150—180	812,9	367,3	529,8	10,5
Службовий інтер'єр	150—180	723,7	309,7	473,2	9,9
Промисловий інтер'єр	150—180	683,5	289,1	455,0	9,4
Теплиця	100—120	753,2	402,8	531,5	10,1
Службовий інтер'єр	100—120	699,1	344,7	468,7	9,6
Промисловий інтер'єр	100—120	645,3	325,9	460,1	9,0
Теплиця	30—50	704,9	327,3	495,8	9,5
Службовий інтер'єр	30—50	651,7	275,8	410,3	8,9
Промисловий інтер'єр	30—50	609,8	243,4	387,3	8,5
<i>Philodendron brasielensis</i>					
Теплиця	150—180	947,4	533,9	791,2	16,7
Службовий інтер'єр	150—180	855,2	497,1	729,7	16,1
Промисловий інтер'єр	150—180	831,7	455,4	693,5	15,8
Теплиця	100—120	919,2	597,2	799,3	16,4
Службовий інтер'єр	100—120	842,8	534,7	730,9	15,8
Промисловий інтер'єр	100—120	802,5	488,3	689,6	15,5
Теплиця	30—50	873,7	499,1	752,3	16,0
Службовий інтер'єр	30—50	815,3	481,6	697,2	15,4
Промисловий інтер'єр	30—50	769,9	411,8	651,0	15,1
<i>Syngonium podophyllum</i>					
Теплиця	150—180	492,5	251,8	406,3	7,3
Службовий інтер'єр	150—180	454,7	236,5	371,9	7,0
Промисловий інтер'єр	150—180	418,3	211,8	327,2	6,7
Теплиця	100—120	480,2	292,2	410,5	7,1
Службовий інтер'єр	100—120	431,8	253,9	367,3	6,8
Промисловий інтер'єр	100—120	399,5	240,7	326,4	6,5
Теплиця	30—50	451,9	221,4	372,5	6,7
Службовий інтер'єр	30—50	402,6	208,3	340,1	6,4
Промисловий інтер'єр	30—50	348,3	192,6	309,7	6,1
Теплиця	150—180	638,4	357,9	539,2	8,7
Службовий інтер'єр	150—180	599,7	312,6	507,2	8,4
Промисловий інтер'єр	150—180	541,2	286,1	746,8	8,1
Теплиця	100—120	607,5	394,7	543,7	8,5
Службовий інтер'єр	100—120	563,1	362,0	510,1	8,1
Промисловий інтер'єр	100—120	511,7	311,8	472,3	7,9
Теплиця	30—50	572,7	324,3	505,1	8,2
Службовий інтер'єр	30—50	521,4	303,7	483,2	7,8
Промисловий інтер'єр	30—50	673,9	255,0	447,5	7,5

Закінчення табл. 1

Вид, умови вирощування	Доза азоту, мг/л субстрату	Маса, г		Об'єм коренів, см ³	Адсорбційна поверхня, дм ²
		надземної частини	коренів		
<i>Codiaeum variegatum</i>					
Теплиця	150—180	383,5	169,2	315,9	8,5
Службовий інтер'єр	150—180	369,2	151,7	296,3	8,1
Промисловий інтер'єр	150—180	344,7	149,6	253,7	7,8
Теплиця	100—120	359,1	192,4	320,1	8,3
Службовий інтер'єр	100—120	321,4	183,9	282,6	8,0
Промисловий інтер'єр	100—120	311,5	173,6	260,9	7,6
Теплиця	30—50	309,4	142,8	284,2	8,0
Службовий інтер'єр	30—50	283,6	121,4	251,5	7,7
Промисловий інтер'єр	30—50	269,2	99,7	224,6	7,4
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>					
Теплиця	150—180	351,8	147,3	279,1	7,9
Службовий інтер'єр	150—180	326,3	130,7	255,6	7,5
Промисловий інтер'єр	150—180	303,6	121,4	241,9	7,4
Теплиця	100—120	321,9	192,7	280,5	7,7
Службовий інтер'єр	100—120	309,4	156,3	253,2	7,3
Промисловий інтер'єр	100—120	282,7	142,9	239,1	7,2
Теплиця	30—50	287,2	126,9	251,3	7,5
Службовий інтер'єр	30—50	269,5	107,5	228,4	7,1
Промисловий інтер'єр	30—50	241,9	97,3	211,9	7,0
<i>Sansevieria trispasciata</i>					
Теплиця	150—180	615,7	299,1	427,8	9,1
Службовий інтер'єр	150—180	582,9	264,5	404,6	8,7
Промисловий інтер'єр	150—180	550,1	235,7	383,9	8,5
Теплиця	100—120	597,2	341,4	430,2	8,9
Службовий інтер'єр	100—120	571,6	285,3	409,1	8,6
Промисловий інтер'єр	100—120	532,4	270,0	379,1	8,4
Теплиця	30—50	521,7	256,3	384,7	8,8
Службовий інтер'єр	30—50	507,9	237,9	351,8	8,4
Промисловий інтер'єр	30—50	483,7	206,5	339,7	8,2

Примітка. У дослідях як субстрат використовували волокнисті ґрунтозамінники на основі суміші поліакрилонітрильних і базальтових волокон. Джерелом азоту була сечовина.

щується маса коренів, потім — об'єм та адсорбційна поверхня, а згодом припиняється розвиток кореневої системи. Таку залежність спостерігали для всіх дослідних видів незалежно від умов їх утримання. Фізіологічний статус кореневої системи на тлі низької забезпеченості азотом — збільшення вмісту води у тканинах коренів і висока величина співвідношення К : Са. Зокрема у варіанті досліду на тлі вмісту азоту 100–120 мг/л субстрату рівень води у тканинах коренів у дослідних видів був у середньому на 21–37 % вищим порівняно з варіантом з оптимальним рівнем забезпе-

ності рослин азотом. Спостерігали збільшення вмісту К в 1,9–2,5 разу.

Швидке видовження коренів, яке спостерігається при дефіциті азоту, сприяє підвищенню їх адсорбційної здатності та утворенню достатньої кількості асимілянтів, які витрачаються переважно на ростові процеси коренів, унаслідок цього відбувається пригнічення розвитку надземної частини рослини. Інтенсивне видовження коренів є причиною певної зміни метаболізму азоту для синтезу білка за умов майже повної відсутності цього елементу у ґрунтового розчині. При

цьому спостерігається зменшення вмісту азоту в коренях і підвищення рівня білкового/небілкового азоту, що своєю чергою призводить до активної утилізації небілкових азотних сполук для синтезу білка. За цих умов виявлено також збільшення величини співвідношення $C : N$ і зміну кількісного та якісного складу вільних амінокислот, зменшення рівня гліцину, гістидину, аргініну ($C : N = 2:1$ і $3:2$), збільшення вмісту аланіну, тірозину ($C : N = 9:1$), лейцину та ізолейцину ($C : N = 6:1$), активація синтезу цистеїну і цистину з низьким рівнем $C : N = 3 : 1$, для яких характерна здатність стимулювати процеси поділу клітин. Крім того, швидке видовження коренів та відповідні зміни у перерозподілі асимілятів між пагоном і коренем певним чином впливають на фітогормональний статус рослин. У пагонах різко збільшується рівень абсцизової кислоти та зменшується кількість ауксинів і цитокінінів, у коренях, навпаки, зростає вміст цитокінінів і знижується рівень абсцизової кислоти та ауксинів. Корені, які дуже швидко розвиваються, характеризуються високою величиною співвідношення цитокінін: абсцизова кислота, а пагони — низькою величиною, що відповідає інтенсивному росту коренів і пригніченню розвитку пагонів. Інтенсивне поглинання азоту рослинами призводить до інгібування розвитку мікоризи.

Внесення мінеральних добрив у ґрунтосуміш за винятком азоту збільшує тривалість життя тонких коренів. Доведено пряму залежність між листопадом та зменшенням об'єму тонких коренів. Цю закономірність можна спостерігати у декоративних рослин в умовах інтер'єрів у період з листопада до лютого за умов нестабільних температур повітря і недостатнього рівня освітлення. Підвищення концентрації азоту у субстраті негативно позначається переважно на розвитку пагонів, ніж на ростових процесах коренів, що візуально виявляється дефіцитом фосфору і калію.

Нами встановлено, що стимуляція розвитку кореневої системи відбувається за умов використання аміачних форм азоту та фосфору. Показано, що статус розвитку тонких

коренів доцільно використовувати як показник оптимізації умов вирощування інтродукованих рослин в інтер'єрах різного функціонального призначення. Для цього необхідно провести порівняння маси, довжини, адсорбційної поверхні кореневої системи, кількості коренів та проаналізувати динаміку розвитку тонких коренів.

Отже, ефективність використання рослинами поживних речовин в умовах інтер'єрів можна оцінити за загальною біомасою виробленого елемента, яка залежить від його концентрації [5–7].

З літературних джерел, особливо зарубіжних, відомо, що механізми кінетики руху розчинів у різних за механічним складом ґрунтах практично не вивчені. Макропори можуть взаємодіяти з потоком при заповненні водою і водночас насичені повітрям за умов наявності води у ґрунтовій матриці або сольового розчину. З другого боку, згідно з правилом Poiseuille у різних за розміром мікропорах існує ламінарний транспорт, зокрема в корневих каналах діаметром декілька міліметрів, та широкіх макропорах, де турбулентні потоки проходять крізь тріщини і щілини [8–9]. Морфологічні характеристики та рух розчинів в обмеженому об'ємі субстрату аналізували та ідентифікували за допомогою розчинів різних барвників. Зокрема розчин метилового синього використовували для вивчення макропор при візуальному спостереженні, йодин — для дослідження мобільніших компонентів, таких як нітрат, фосфат, калій. Обидва барвники негативно впливали на розвиток мікроорганізмів у субстраті. Як показали наші експерименти, для вивчення руху розчинів в обмеженому об'ємі як барвник доцільно застосовувати розчин діамантового блакитного.

Установлено, що іони калію та фосфору мігрують у ґрунтовому субстраті і накопичуються поблизу поверхні кореня, тому розмір кореневої системи та її архітектоніка — це важливі показники для аналізу процесів поглинання біогенних елементів рослинами. Так, зміни рН ризосфери, пов'язані з формою азотних добрив, залежать від фізико-хімічних характе-

ристик субстрату та фракційного складу фосфатів. У субстратах з низьким вмістом органічної речовини (0,45–1,00 %) за умов наявності великої кількості фосфатів третьої групи, які зв'язані окислами алюмінію і заліза, рН ризосфери підвищується на тлі нітратного азоту, що призводить до збільшення поглинання рослинами фосфору. Розчинність фосфатів кальцію другої групи зростає пропорційно зменшенню показників рН. При цьому зміни рН ризосфери взагалі не впливають на мобілізацію органічного фосфору.

Експериментальними дослідженнями доведено, що погіршення розвитку кореневої системи в усіх дослідних видів спостерігається, зокрема, при підвищенні щільності ґрунтосуміші з 1,1 до 1,6 мг/см³, а при 1,88 мг/см³ (0,52 МПа) ріст коренів майже повністю припиняється. При цьому різко погіршується абсорбція коренями сполук фосфору, калію і кальцію. Своєю чергою дефіцит кальцію призводить до зменшення діаметра кореня та пригнічення його розвитку. За умов, коли ґрунтова щільність негативно впливає на розвиток коренів на тлі нестачі кальцію у розчині, ймовірно, його додаткове внесення має нівелювати інгібувальну дію високої щільності субстрату на ростові процеси. Виявлено, що додаткове забезпечення рослин кальцієм прискорює ростові процеси коренів навіть за високих показників щільності ґрунту. Результати досліджень свідчать, що поглинання поживних речовин відбувається за рахунок розміщення коренів у верхньому шарі субстрату, в результаті чого спостерігається підвищення буферної здатності поживних сполук у більш щільній нижній частині, як у рослин камелії. Загалом водне забезпечення та мінеральне живлення суттєво впливають на розвиток надземної частини рослин і кореневої системи. Насиченість субстрату основами майже не впливає на продуктивність сухої речовини та інтенсивність поглинання поживних сполук кореневою системою. Сумарна кількість сухої речовини і величина співвідношення пагін : корінь не залежать від щільності субстрату, але на ці показники впливає розмі-

щення коренів в обмеженому об'ємі субстрату. Продуктивність сухої речовини коренів у щільнішому шарі ґрунтосуміші не залежить від його механічної структури, яка своєю чергою не впливає на довжину коренів.

Низька посухостійкість рослин пов'язана з кореневою системою, яка слабо закріплена і розміщена у верхніх шарах субстрату. Така коренева система має низку переваг, зокрема здатність утворювати нові корені від старих. Коренева архітектура і властивості коренів відіграють важливу роль у пристосуванні рослин до стресів, спричинених нестачею вологи або поживних речовин у приміщеннях різного типу. У багатьох видів адаптація до низької вологості субстрату пов'язана зі збільшенням розмірів головного кореня. Такі показники, як глибина проникнення коренів, діаметр головного кореня, співвідношення маси і кількості коренів, дають змогу визначити адаптаційну здатність рослин до водних стресів.

Задовільне вирощування декоративних рослин в умовах інтер'єрів різного функціонального призначення також залежить від ґрунтового субстрату, зокрема його складових. З одного боку, бажане максимальне наближення до природних умов зростання, з іншого, як субстрат доводиться використовувати матеріали, які не трапляються у природі. Крім того, необхідно врахувати, що ґрунтосуміші — це не лише фізична або хімічна субстанція, а й біологічна система, моделювання та управління якою можливе лише за умов всебічного її вивчення.

Виявлено, що при виборі ґрунтового субстрату важливими є такі його фізичні властивості, як:

- велика шаруватість, що дає змогу забезпечити достатню аерацію кореневої зони;
- стійка структура;
- висока буферна здатність;
- відсутність токсичних сполук і збудників хвороб.

Матеріали, які використовують для формування ґрунтосуміші для декоративних рослин, зазвичай не відповідають цим вимогам, тому доцільно застосовувати комбінації двох

Таблиця 2. Вміст біогенних елементів у різних компонентах, які використовують для формування субстратів, мг/л (1н HCl)

Компонент субстрату	pH _{сольовий}	Макро- і мікроелементи, мг/л										
		NH ₄ ⁻	NO ₃ ⁺	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn
Сфагновий мох:												
літнього збору	4,1	100	28	10	25	497	86	53	15	0	0	10
осіннього збору	4,4	160	30	22	72	533	132	125	50	0	0	10
Верховий торф	3,0	50	4	0	12	466	41	0	100	1,2	0,5	10
Кора сосни	4,0	10	13	22	37	366	102	30	0	0	0	35
Дерновий ґрунт	7,1	15	50	190	87	1815	624	100	350	2,5	4,7	100
Листяний опад з-під:												
сосни	4,2	90	35	58	41	976	158	100	100	0	0	450
дуба	4,9	60	45	40	120	1530	508	25	75	0	0	400
бука	5,0	20	13	22	202	369	97	175	50	0	0	100
ліщини	5,4	90	72	44	48	1798	386	50	70	0	3,0	350
акації	5,6	20	14	23	37	700	512	125	55	0	0	160
берези	5,5	50	12	55	72	1696	354	95	75	0	0	40

або трьох компонентів, які доповнюють один одного. В експериментальній роботі як ґрунтові субстрати було випробовано велику кількість природних і синтетичних матеріалів. Найпридатнішими виявилися торф'яні продукти, листяний опад різних порід дерев, наповнювачі синтетичного походження, зокрема полістирол. Завдяки підбору певних співвідношень між компонентами у суміші можна отримати відносно оптимальні та порівняно дешеві субстрати, хоча і з низькою структурною стійкістю.

Проведений попередньо хімічний аналіз основних компонентів, використаних нами з метою формування ґрунтосуміші для декоративних рослин різного екоморфотипу, виявив суттєву різницю в кількості рухливих форм макро- і мікроелементів (табл. 2.). Різний хімічний склад компонентів дає змогу цілеспрямовано обирати концентрацію біогенних елементів. При цьому необхідно враховувати швидкість мікробіологічної деструкції опадів різних порід дерев і кори, а також строки відбору рослинного матеріалу, оскільки опад хвойних порід дерев мінералізується значно повільніше, ніж листяних, і внаслідок високого вмісту лігніну у хвої протягом року морфологічно майже не змінюється.

Значний вплив на рухливість і доступність біогенних елементів для рослин в умовах інтер'єрів мають фізико-хімічні властивості ґрунтових субстратів або їх замінників (табл. 3). Доведено, що переважання у складі субстрату ґрунтових агрегатів розміром до 1 мм сприяє збереженню вологи за рахунок зменшення фізичного випаровування. Із збільшенням у субстраті дрібнодисперсних часток (0,01–0,001 мм) суттєво зменшується поглинання рослинами практично всіх біогенних елементів за винятком калію.

Нами досліджено вплив температури субстрату на розвиток кореневої системи. Встановлено, що за температури ґрунтосуміші +5 °C ріст коренів практично зупиняється. Ростові процеси активізуються з підвищенням температури ґрунту і досягають максимальних значень за температури +25 °C. У разі подальшого підвищення температури ріст коренів різко знижується. За температури субстрату +8...10 °C відбувається сповільнення поглинання води рослинами та зменшення проникнення води крізь клітинні мембрани.

Відомо, що вміст хімічних елементів генетично успадковується рослинами і перебуває у прямій залежності від їх концентрації у поживному середовищі. Завдяки еволюційно за-

Таблиця 3. Фізико-хімічна характеристика ґрунтових субстратів, які використовують при вирощуванні тропічних і субтропічних рослин

Склад субстрату, співвідношення компонентів	Гумус, %	рН _{сольовий}	Об'ємна маса, г/см ³	Механічний склад, % на абсолютно безкарбонатну наважку					
				пісок		пил		мул	
				Фракції, мм					
				0,0—0,25	0,25—0,05	0,05— 0,001	0,001—0,005	0,005—0,001	<0,001
A	2,49	5,6	0,32	38,71	24,83	11,12	6,39	9,20	9,75
B	5,97	5,5	0,77	40,12	17,29	11,47	6,74	14,60	9,78
C	4,96	5,1	0,87	39,27	17,85	13,57	5,29	11,24	12,78
D	2,95	5,8	0,98	38,93	22,17	10,27	7,53	12,79	8,31
E	3,73	4,9	0,77	40,11	9,22	12,94	9,36	14,75	13,63
F	3,32	4,7	0,73	42,35	12,57	11,63	8,36	7,56	17,51

Примітка: А — верховий торф, дерновий ґрунт, пісок (2:2:1); В — верховий торф, опад листяних порід дерев, сфагновий мох, деревне вугілля, пісок, кора сосни (2:2:2:1:1:1); С — опад листяних порід дерев, сірий лісовий ґрунт (1:1); D — дерновий ґрунт; E — дерновий ґрунт, верховий торф (1:1); F — дерновий ґрунт, перегній, пісок (2:1:1).

кріпленому пріоритету у використанні іонів зберігається специфічність елементного складу рослин. Якісна та кількісна генетична вибірковість у поглинанні поживних речовин відтворює потребу окремих видів рослин у макро- і мікроелементах, оскільки становлення та формування елементного хімічного складу відбувалося в конкретних геохімічних умовах.

При формуванні ґрунтового субстрату із заданим режимом мінерального живлення необхідно враховувати фізіологічні особливості дослідних видів, оскільки оптимальний рівень аерації в кореневій зоні не лише визначає рівень і характер процесів дихання коренів, а й увесь перебіг фізико-хімічних та мікробіологічних перетворень у субстраті. Оскільки аерація субстрату залежить від його структури, нами були підібрані суміші з різним рівнем аерації для рослин різного еко типу. При підборі складу субстрату враховували результати дослідження кінетики руху розчинів у пористому середовищі. Так, для наземних видів оптимальним для росту і розвитку рослин виявився субстрат, який складається з верхового торфу, опад сосни, піску, дернового ґрунту, перегною, взятих у співвідношенні 1:1:1:1:0,5, для епіфітів — ґрунтосуміш з подрібненої кори сосни, верхового торфу, піску, сфагнового моху (2:1:1:1), для ліан — ґрунтосуміш з верхового

торфу, опад ліщини, піску, дернового ґрунту, перегною (1:1:1:0,5:1).

Ми також вивчили вплив біогенних елементів на життєдіяльність рослин в умовах інтер'єрів різного типу. Засвоєння рослинами біогенних елементів з ґрунтового субстрату — досить складний процес: поглинання кореневою системою цих речовин, перетворення їх на органічні сполуки, транспорт поглинутих речовин та продуктів їх перетворення до місць синтезу органічних сполук і формування окремих частин та органів рослин.

Процес засвоєння кореневою системою поживних речовин визначається індексом росту рослин, стадіями і віковими змінами в їх розвитку та споживанням поживних речовин під час розвитку. У зв'язку з цим ми дослідили дію азоту, фосфору і калію на ростові процеси декоративних рослин, вміст фотосинтетичних пігментів та хімічний статус. Проаналізовано вплив мінеральних добрив на кількісний склад основних поживних сполук у вегетативних органах та співвідношення біомаси коренів до біомаси надземної частини. Встановлено, що вилучення фосфору з поживного середовища стимулює біосинтез хлорофілу *a*. Вміст останнього збільшувався порівняно з варіантом, який включав повний набір елементів (N, P, K), у 1,4–2,8 разу. Виявлену залежність спо-

стерігали в усіх дослідних видів незалежно від умов утримання. На нашу думку, збільшення концентрації хлорофілу *a* пов'язане з підвищенням вмісту марганцю в листках експериментальних рослин і вищим рН. На тлі азотних добрив спостерігалось збільшення вмісту хлорофілів. Вміст каротиноїдів зменшувався у варіантах з добривами порівняно з контролем у 1,4–3,5 разу.

При внесенні калійних добрив спостерігали суттєве збільшення надземної частини рослин. У разі використання фосфорних добрив встановлено збільшення величини співвідношення біомаси коренів до біомаси надземної частини. Хімічний аналіз листків виявив позитивний вплив азотних добрив на поглинання рослинами кальцію, магнію і фосфору. При цьому нітратний азот порівняно з аміачними формами стимулював ростові процеси рослин в умовах інтер'єрів різного функціонального призначення. На тлі калію підвищувався рівень фосфору і кальцію та зменшувався вміст магнію. Фосфор стимулював надходження до рослин магнію та міді.

Висновки

Різноманітність чинників, які впливають на ріст і розвиток рослин в умовах інтер'єрів, різна їх спрямованість та взаємозв'язок визначають широкий спектр метаболічних змін у рослинному організмі. Підвищення продуктивності росту рослин різного екоморфотипу за рахунок реконструкції головних ланок метаболізму під впливом мікроклімату приміщень має важливе значення для культивування видів в інтер'єрах, оскільки дає змогу заздалегідь прогнозувати ефективність вирощування рослин, штучно створюючи оптимальні умови для їх росту і розвитку.

Фахівці, які займаються вирощуванням рослин в умовах інтер'єрів, можуть моделювати ґрунтосуміші з будь-яких матеріалів, які перебувають в їх розпорядженні, але мають ураховувати біологічні особливості рослин, фізико-хімічні властивості субстрату, зокрема його дисперсність і кислотність, а також ступінь де-

струкції матеріалів органічної природи. При підвищенні вмісту у складі ґрунтосуміші дрібнодисперсних агрегатів унаслідок використання торфу необхідно збільшити у субстраті концентрацію марганцю, цинку, кобальту, молібдену і заліза. Зміна рН ґрунтового розчину як у бік лужної реакції, так і у бік кислої різко зменшує надходження до рослин майже всіх макро- і мікроелементів за винятком азоту.

1. Жила А.И. Возрастные особенности корневой системы *Protoasparagus densiflorus* (Kunth) Jberm. f. *Sarmmentosus* // Биол. вестн. — 2008. — 12, № 2. — С. 82–84.
2. Заименко Н.В., Харитонова И.П., Бондаренко Б.О. Функциональные особенности корневой системы растений при различных условиях минерального питания // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Материалы IV Международ. науч. конф. — Минск: Право и экономика, 2005. — С. 85.
3. Заименко Н.В., Іваницька Б.О. Розподіл асимілятів в органах рослин родини *Araceae* Juss. // Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка «Інтродукція та збереження рослинного різноманіття». — 2009. — № 25-27. — С. 71–73.
4. Іваницька Б.О., Заименко Н.В. Вплив елементів мінерального живлення на ріст рослин різних екоморфотипів родини *Araceae* Juss. // Інтродукція рослин. — 2008. — № 4. — С. 72–77.
5. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. — М.: Агропромиздат, 1994. — 414 с.
6. Колосов И.И. Поглотительная деятельность корневых систем растений. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 385 с.
7. Коць С.Я., Петерсон Н.В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин: Навч. посіб. — К.: Логос, 2009. — 181 с.
8. Михайловская И.С. Корни и корневые системы растений. — М.: МГПИ им. В.И. Ленина, 1981. — 137 с.
9. Най П.Х., Тинкер П.Б. Движение растворов в системе почва-растение: Пер. с англ. О.М. Кветной, М.В. Петровой; под. ред. О.Г. Усырова. — М.: Колос, 1980. — 368 с.
10. Новые методы анализа аминокислот, пептидов и белков / Под ред. В.П. Овчинникова. — М.: Мир, 1974. — 272 с.
11. Ринькис Г.Я., Ноллендорф В.Ф. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. — Рига: Зинатне, 1982. — 304 с.

Рекомендувала до друку Н.В. Заименко

И.П. Харитонова

Национальный ботанический
сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины,
Украина, г. Киев

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ОПЫТНЫХ ВИДОВ
РАСТЕНИЙ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ
ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ**

Результаты проведенных нами исследований показали, что размеры, размещение и кинетические особенности корневой системы — это факторы, которые существенно влияют на процесс поглощения питательных веществ из субстрата. В условиях, когда химические соединения с массовым потоком перемещаются ниже уровня поглощения, наблюдается нарушение баланса минеральных веществ и достигается градиент концентрации. При этом происходит более быстрый переход питательных веществ из твердой фазы в раствор, благодаря чему увеличивается поступление элементов питания в корневую систему. При более длительном течении данного процесса в ризосфере образуется профиль концентраций, который зависит от кинетики движения растворов в субстрате, в частности от механизмов диффузии и конвекции, а также быстроты перемещения питательных веществ возле корней.

Ключевые слова: корневая система, органическое вещество, биогенные элементы, декоративные растения, почвенные субстраты.

I.P. Kharytonova

M.M. Gryshko National Botanical Garden,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

**FUNCTIONAL PECULIARITIES
OF THE ROOT SYSTEM OF THE INVESTIGATED
PLANT SPECIES IN DIFFERENT
ENVIRONMENTS**

Our investigations prove that the size, the allocation and the kinetic peculiarities of the root system are the important factors, affecting on the process of nutrient uptake from substratum. It's worth noting that the process of nutrient uptake causes the decreasing of the mineral substances close to the root system. The moving of the compounds below the absorbing zone in the process of mass flow is followed by disbalance, inducing the concentration gradient. Subsequent rapid conversion of the nutrients from the solid phase into solution leads to the increasing their inflow for the root system. The prolongation of this process results in the formation of the certain concentration profile, which depends on the solution kinetics in the substrate, directly on the diffusion and convection mechanisms as well as on the transport rate near the roots.

Key words: root system, organic matter, biogenic elements, ornamental plants, soil substrates.